

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР С КВАНТОВЫМИ ЯМАМИ InGaN/GaN, ВЫРАЩЕННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Н. В. Ржеуцкий<sup>1</sup>, Е. В. Луценко<sup>1</sup>, В. Н. Павловский<sup>1</sup>, Г. П. Яблонский<sup>1</sup>,  
А. В. Сахаров<sup>2</sup>, В. В. Лундин<sup>2</sup>, Е. Е. Заварин<sup>2</sup>,  
А. Е. Николаев<sup>2</sup>, А. Ф. Цацульников<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

<sup>2</sup>ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: m.rzheutski@ifanbel.bas-net.by

Полупроводниковые гетероструктуры InGaN/GaN доказали свою эффективность при создании светоизлучающих приборов фиолетового-зеленого спектрального диапазона. Продвижение в длинноволновую область спектра, которое достигается увеличением содержания индия в составе InGaN, приводит к сильно выраженному квантоворазмерному эффекту Штарка и образованию структурных дефектов в активной области, возникающих вследствие большого рассогласования постоянных решеток InGaN и GaN, и действующих как центры безызлучательной рекомбинации. Для ослабления влияния этих факторов применяют рост InGaN квантовых ям сложного профиля, которые обеспечивают более сильное пространственное ограничение неравновесных носителей заряда. Частным случаем такого подхода является формирование в слое InGaN квантовых точек.

В работе исследовались люминесцентные свойства серии гетероструктур с квантовыми ямами (КЯ), выращенными методом металлорганической газофазной эпитаксии с применением прерываний роста после осаждения слоев КЯ. Как видно из результатов измерения методом просвечивающей электронной микроскопии (рис. 1), увеличение длительности прерываний приводит к образованию вместо сплошного слоя КЯ островков InGaN из-за термического разложения InN во время прерываний.

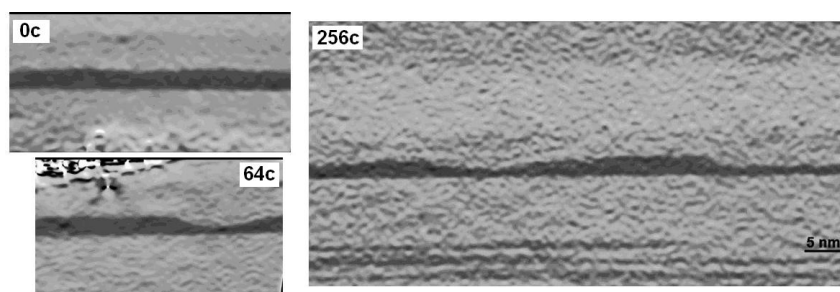


Рис. 1. Образование островков InGaN при увеличении длительности прерываний роста (темные участки соответствуют большей доле InN)

В спектре фотолюминесценции (ФЛ) для всех образцов присутствует сильная полоса из КЯ в области 460–470 нм. При этом, для низкого уровня возбуждения ( $<500 \text{ Вт/см}^2$ ) эффективность ФЛ монотонно возрастает с увеличением времени прерывания, что связано с усилением локализирующего действия островков InGaN. При повышении уровня возбуждения происходит уменьшение эффективности ФЛ  $\eta_{\text{ФЛ}}$ , которое проявляется сильнее для структур с более выраженными островками InGaN. Описанное поведение демонстрируется на рис. 2, а. Наблюдаемое более сильное падение эффективности ФЛ для структур с островками обусловлено более низким количеством состояний InGaN в активной области, что приводит к усилению степени делокализации носителей заряда из-за насыщения состояний и к увеличению вклада Оже-рекомбинации. Для гетероструктур исследованной серии (за исключением образца с  $t_{\text{пр}} = 256 \text{ с}$ ) наблюдалось стимулированное излучение. Величина пороговой плотности мощности увеличивалась с ростом  $t_{\text{пр}}$  (рис. 2, б), т.е. наблюдалось ухудшение лазерных параметров для гетероструктур с выраженным формированием островков, что также объясняется уменьшением количества состояний.

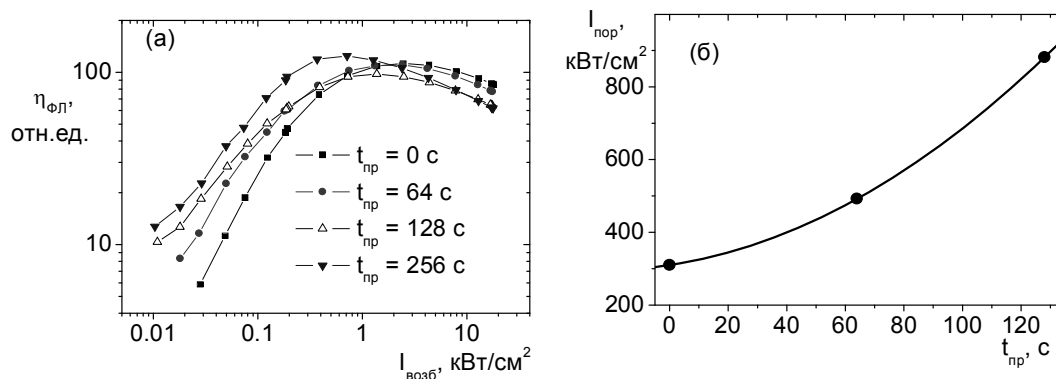


Рис. 2. Эффективность ФЛ в зависимости от уровня возбуждения (а) и порог стимулированного излучения (б) для гетероструктур с различной локализацией носителей заряда

Таким образом, показано, что при использовании прерываний роста гетероструктур с квантовыми ямами InGaN/GaN происходит более выраженное формирование островков InGaN, приводящее к ослаблению влияния квантоворазмерного эффекта Штарка за счет более сильной локализации носителей заряда. При этом, уменьшение количества состояний в активной области приводит к ухудшению лазерных параметров. Соответственно, выбор условий роста должен осуществляться с учетом режима работы гетероструктур.

Работа выполнена при поддержке грантов БРФФИ и РФФИ (проекты №Ф14Р-074 и 14-02-9003214-Бел-а соответственно).